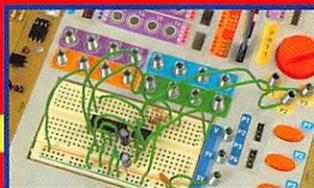
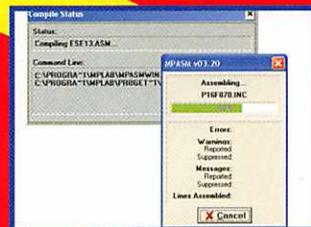
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

51

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41051

Peruzzo & C.

Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

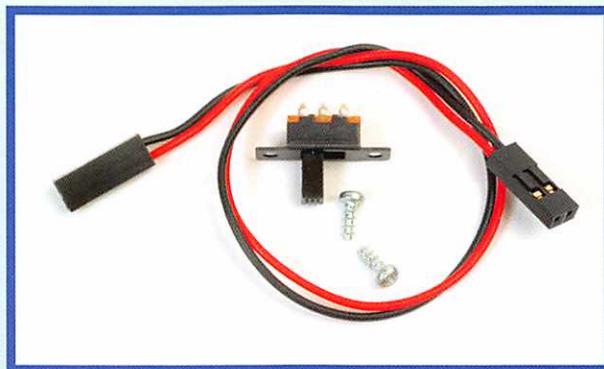
Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE" si compone di 70 fascicoli settimanali da suddividere in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

2 Commutatori
1 Filo verde rigido
4 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Commutatore
1 Cavetto a 2 fili con due connettori femmina a 2 vie
2 Viti

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Distribuzione dei 5V

Componenti forniti con questo fascicolo.

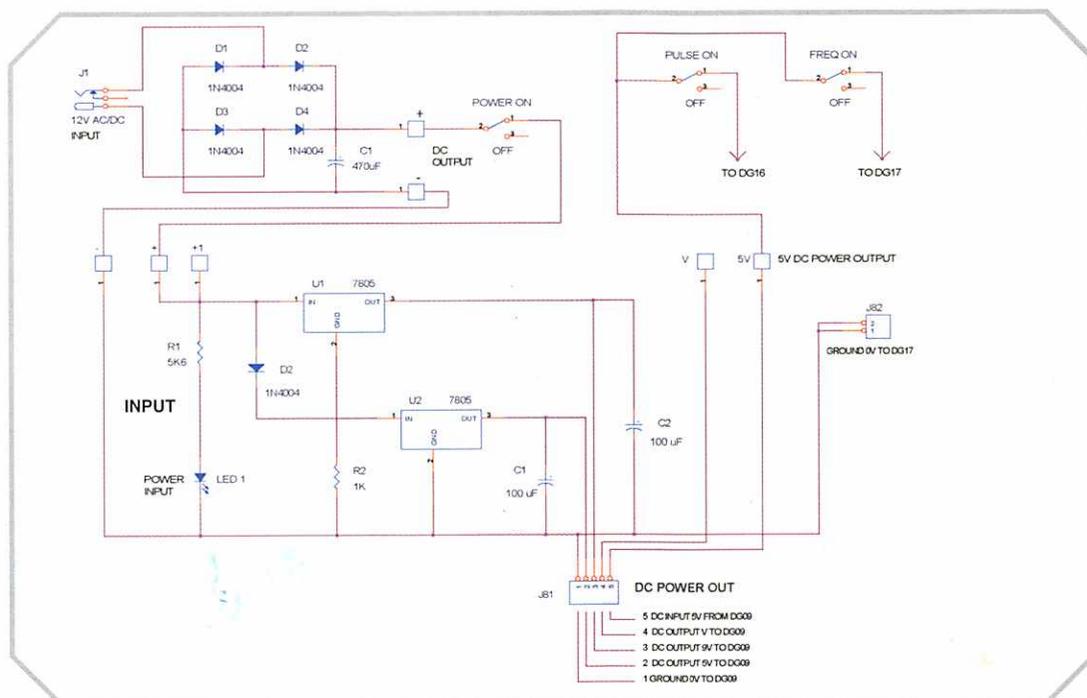
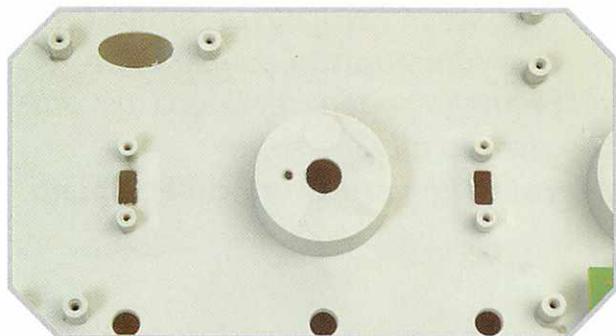
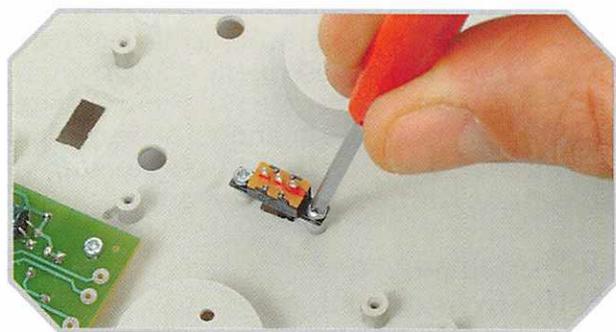
In questa zona si montano i commutatori.

Con questo fascicolo vengono forniti due commutatori da installare sul pannello superiore, le quattro viti che fissano gli stessi e un pezzo di filo verde per i collegamenti.

Con i commutatori di questo fascicolo, e il filo di colore rosso già fornito, possiamo iniziare a realizzare il cablaggio che distribuisce la tensione di alimentazione da 5 V ai diversi circuiti del pannello superiore.

L'utilizzo dei commutatori permette di scollegare i circuiti che non sono utilizzati nelle prove che si stanno eseguendo in quel momento, con il conseguente risparmio energetico, fatto importante quando si alimenta con le batterie permettendoci in questo caso di aumentare l'autonomia del laboratorio.

Collegamento dell'alimentazione

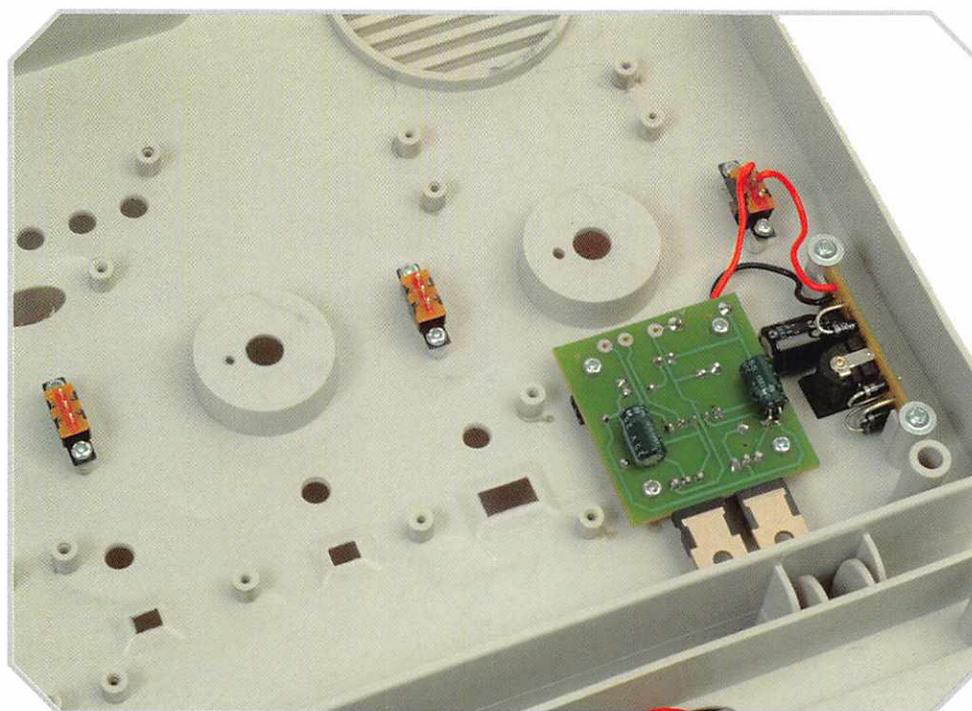
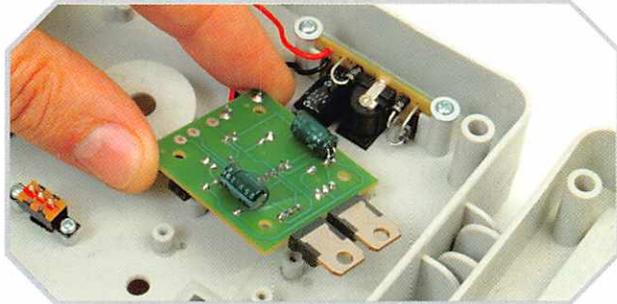
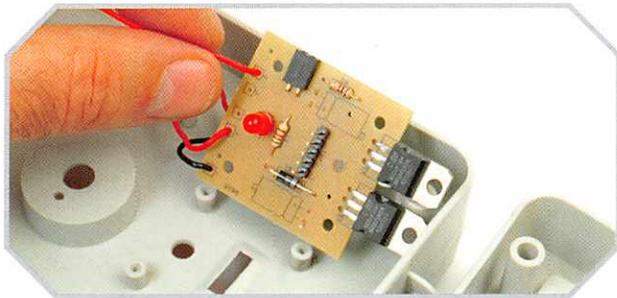
L'alimentazione da 5 V si ottiene dal terminale siglato 5 V sulla scheda DG18. Questa tensione di alimentazione arriva a questa scheda

Schema elettrico delle schede DG18 e DG19 e dei commutatori PULSE ON e FREQ ON.

Zona dove verranno montati i commutatori.

Ogni commutatore si fissa con due viti.

tramite il pannello principale e deriva dal primo portabatterie, quando il commutatore del pannello principale è sulla funzione BAT, oppure dalla scheda DG18 stessa, quando il commutatore è sulla posizione EXT, in questo caso però la tensione passa tramite la scheda DG09 del pannello principale.

Montaggio

I lavori di montaggio dei commutatori si devono eseguire con l'alimentazione scollegata. Il modo migliore per essere sicuri di questa condizione è di non utilizzare alcun alimentatore esterno, non collegare il filo al computer e togliere le batterie. Inoltre è possibile separare i due pannelli del laboratorio, ma è necessario scollegare prima il cavetto a cinque fili.

I commutatori

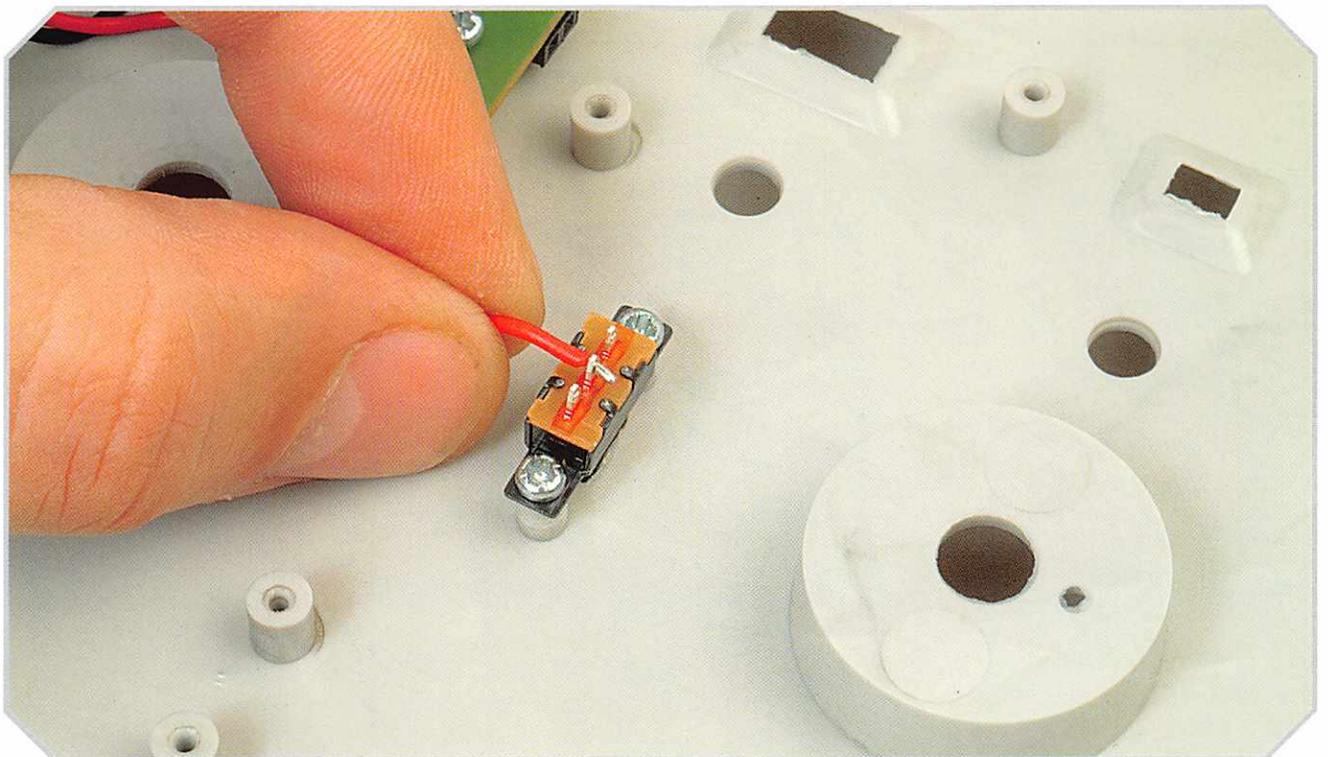
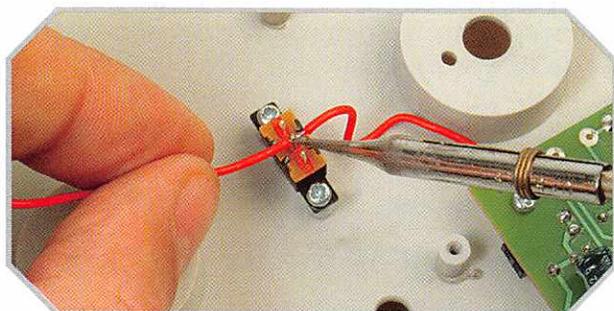
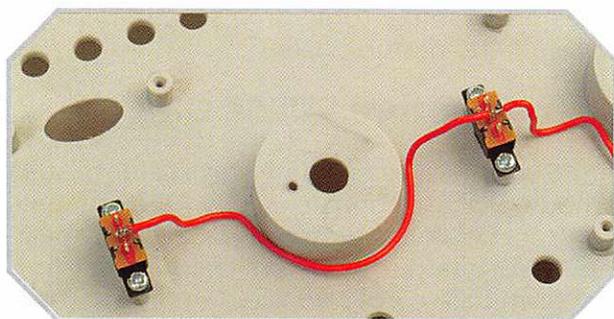
I commutatori forniti si montano nelle posizioni corrispondenti alle etichette del pannello PULSE ON OFF e FREQ ON OFF. Dopo aver individuato le posizioni all'esterno del pannello, lo gireremo e inseriremo questi commutatori dall'interno, fissando ognuno di essi con due viti, e facendo attenzione a centrarli il più possibile nelle fessure. Nel caso in cui

Dopo averli montati è necessario iniziare i collegamenti.

La scheda DG18 si può togliere per saldare il filo rosso.

Il filo rosso si salda sul terminale 5 V di DG18.

queste aperture fossero parzialmente ostruite da sbavature di plastica, sarà necessario eliminarle prima di installare il commutatore, utilizzando una lametta per asportare la parte in eccesso con molta attenzione, dato che la plastica si taglia con molta facilità.

Collegamento a 5 V

Si taglia un pezzo di filo di colore rosso da 6 cm, lo si spela per circa 3 o 4 mm da ogni lato, collegando uno di essi, mediante saldatura, sul terminale siglato 5 V della scheda DG18. Anche se è possibile eseguire la saldatura di questo filo senza togliere la scheda DG18, vi consigliamo di smontarla.

Commutatore PULSE ON

Il filo di colore rosso che è stato saldato sulla scheda DG18 terminale 5 V, va al terminale centrale del commutatore PULSE ON. Conviene inserire la parte spelata del filo, nel foro del terminale e poi saldarlo. Con questa operazione abbiamo portato l'alimentazione da 5 V al primo commutatore.

Collegamento del primo commutatore.

Tramite il terminale centrale del primo commutatore si alimenta il secondo.

Collegamento del secondo commutatore.

Commutatore FREQ ON

Per collegare il secondo commutatore è necessario tagliare un pezzo di filo rosso da 11 cm e spelarlo per circa 3 mm da entrambi i lati. Uno dei capi verrà saldato al terminale centrale del commutatore PULSE ON e l'altro al terminale centrale del commutatore FREQ ON; con questa operazione porteremo i 5 V a quest'ultimo commutatore.

Collegamento

Dato che non abbiamo altri componenti per continuare, possiamo unire i pannelli e collegarli, ma dobbiamo fare molta attenzione per non sbagliare nell'esecuzione del collegamento del cavetto a cinque fili che unisce i due pannelli. La distribuzione dei colori deve coincidere con quella indicata nei cinque punti colorati nell'etichetta DC POWER ON.

Filo verde

Il filo verde vi sarà molto utile per realizzare cavetti di collegamento, dato che con l'utilizzo essi si deteriorano e diventano ogni volta sempre più corti. Infatti è molto frequente che la punta si rompa a causa dell'uso ripetuto. Lasciamo alla scelta del lettore, la realizzazione dei pezzi degli stessi, e ricordiamo anche che per la scheda Bread Board raccomandiamo l'utilizzo di fili da 0,5 mm di diametro.

Vista generale del laboratorio.

Generatore di impulsi simmetrici

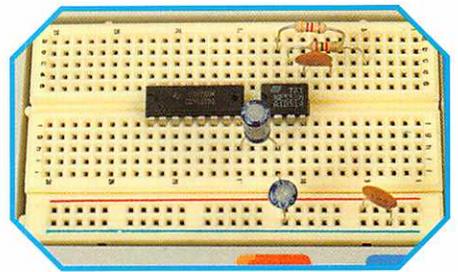
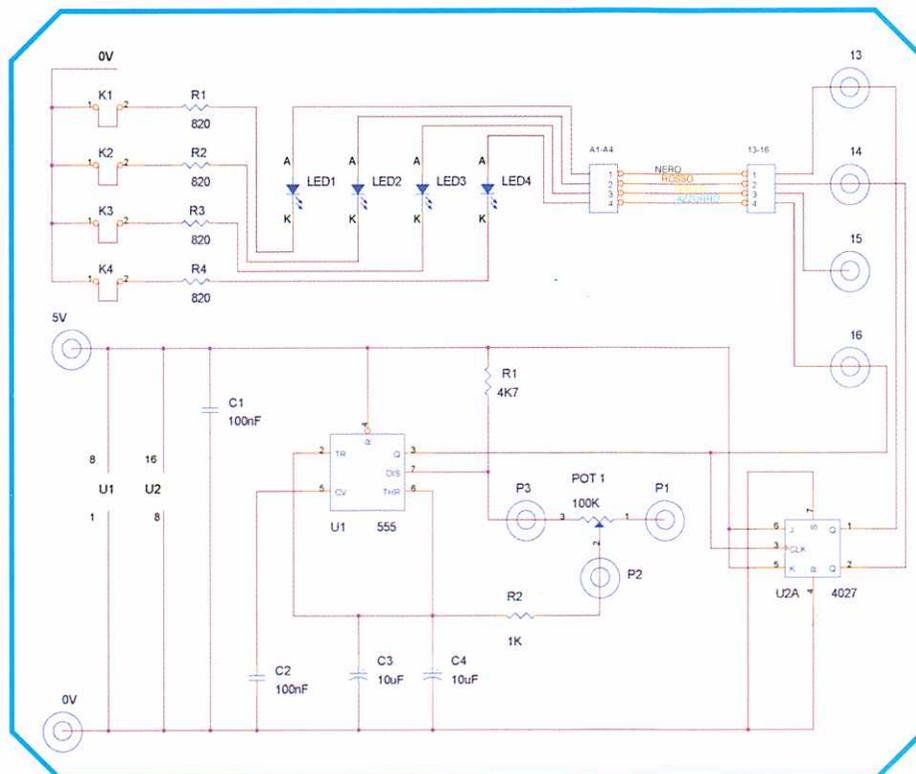
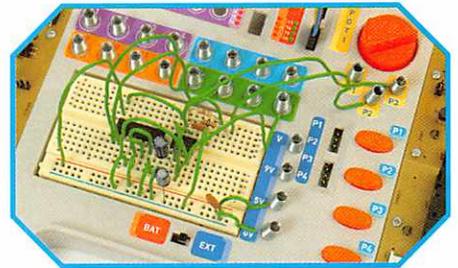
Questo generatore di onda quadra ha due uscite, una di livello opposto all'altra, però su entrambe l'impulso è simmetrico, ha un ciclo del 50%, cioè i tempi in cui l'impulso è a livello basso e a livello alto sono uguali.
È possibile variare la frequenza con il potenziometro fra 0,15 e 2,5 Hz.

L'idea

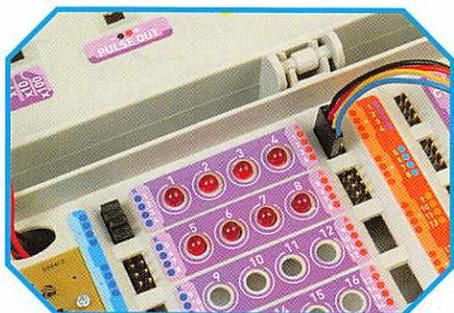
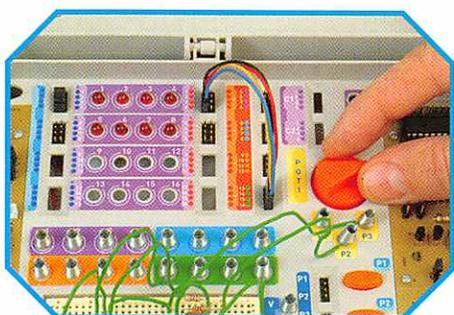
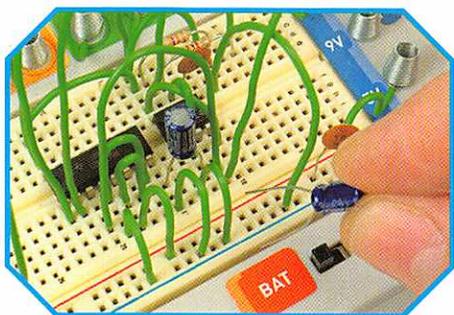
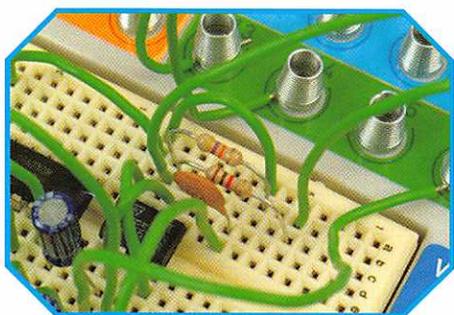
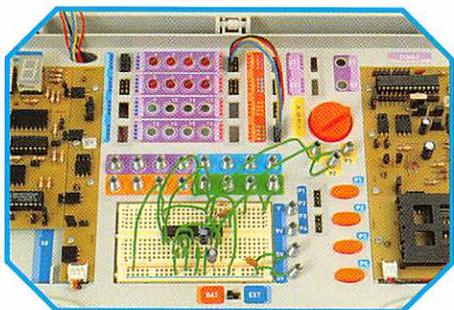
Questo circuito può funzionare a frequenze molto elevate, ma in questo caso sarà necessario un oscilloscopio per visualizzare il segnale. Se utilizziamo frequenze molto basse, i periodi saranno compresi all'incirca fra 0,4 e 6,3 secondi, sarà quindi facile verificare con la semplice osservazione, il LED 1 o il LED 2, per vedere che l'onda è simmetrica.

Il circuito

Osservando lo schema vedremo che il circuito ci risulta familiare. Il circuito integrato U1 è un oscillatore astabile la cui frequenza di oscillazione dipende dai valori delle resistenze R1 e R2, dai condensatori C3 e C4 e dalla

Componenti sulla scheda Bread Board.

Si utilizzano solamente due terminali del potenziometro.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
R1	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R2	Resistenza 1 K (marrone, nero, rosso)
C1,C2	Condensatore 100 nF
C3,C4	Condensatore 10 μF elettrolitico

Schema del circuito.

Collegamenti ai LED.

La frequenza si controlla con il potenziometro.

Togliendo C4 aumenta la frequenza.

Aumentando R1 aumenta la frequenza.

Esperimento completato.

posizione del cursore del potenziometro POT1. La sua uscita è sul terminale 3, e su di essa si collega il LED 4 grazie al quale potremo osservare lo stato dell'uscita. A livello alto si illumina il LED e a livello basso si spegne, ma il tempo in cui resta illuminato non è lo stesso di quello in cui resta spento.

All'uscita di questo oscillatore si collega un bistabile U2A, del circuito integrato 4027, che è collegato in modo che possa funzionare come un bistabile del tipo T, in questo modo lo stato delle sue uscite cambia ogni volta che riceve sul suo ingresso – terminale 3 – un impulso di clock, tramite l'uscita del circuito U1.

La funzione reale del circuito U2A è dividere per due il segnale quindi la sua uscita è simmetrica, cioè il tempo in cui il segnale è a livello alto è pari a quello in cui è a livello basso, questa condizione è mantenuta anche se la frequenza dell'oscillatore applicato al suo ingresso varia, come si può verificare agendo sul comando del potenziometro POT1.

Montaggio

Il montaggio è abbastanza veloce, dato che sono utilizzati pochi componenti e collegamenti. È necessario fare attenzione alla polarità dei condensatori C3 e C4. I collegamenti ai LED si realizzano tramite le molle 13, 14 e 16, utilizzando un cavetto di collegamento; per fare illuminare i LED è necessario inserire i ponticelli sui catodi dei medesimi. Non bisogna dimenticare di eseguire le connessioni di alimentazione dei due circuiti integrati. Questo circuito si può alimentare indistintamente a 5 o a 9 V.

L'esperimento

Il circuito deve funzionare al primo tentativo; appena collegata l'alimentazione, potremo vedere che i tempi in cui il LED 4 è illuminato o spento sono diversi, e che questa differenza cambia variando la posizione del comando del potenziometro. I LED 1 e LED 2 si illuminano in modo alternato, quando uno è illuminato l'altro è spento, ma il tempo in cui entrambi i LED sono illuminati è lo stesso. Potremo vedere anche che la frequenza è la metà del LED 4.

Vi consigliamo di fare delle prove estraendo uno dei condensatori, ad esempio C4, e provando a sostituire, ad esempio R2, con una resistenza da 47 K.

Esercizio 12: modulazione di ampiezza degli impulsi PWM, la pratica

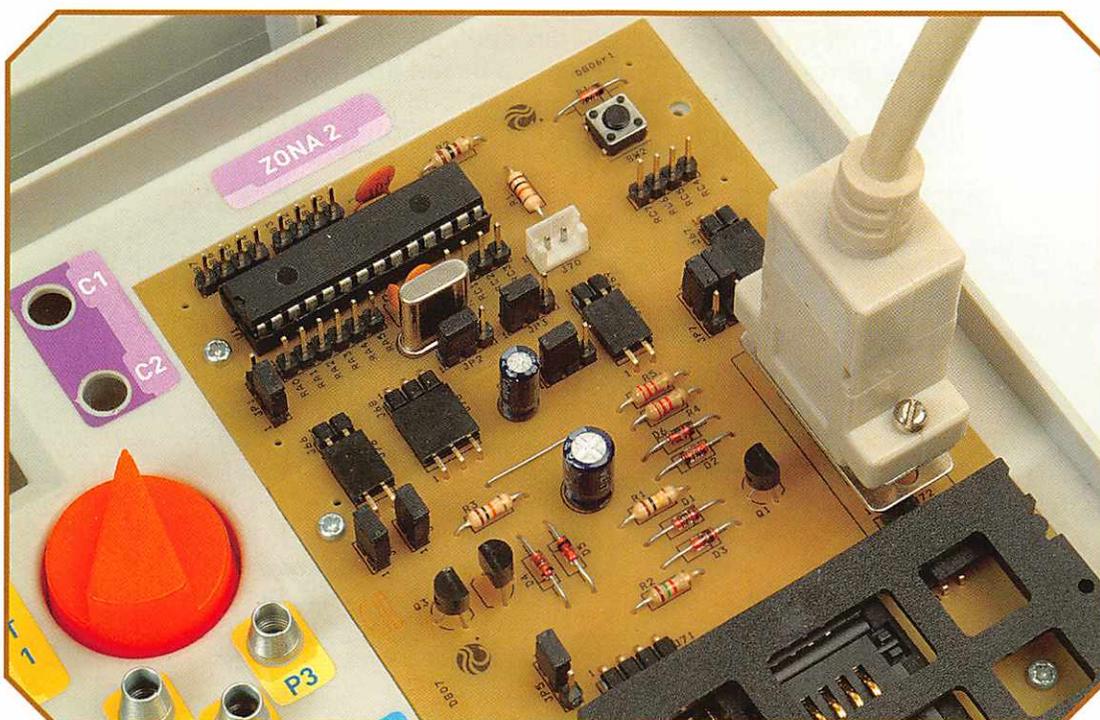
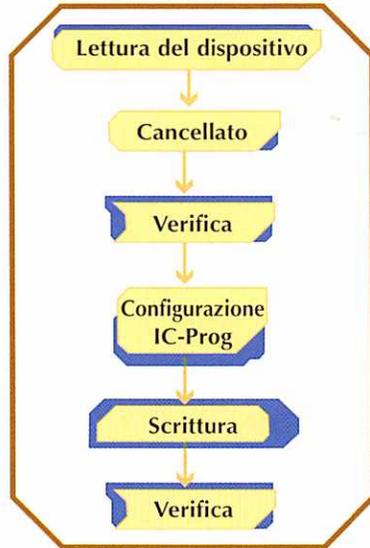
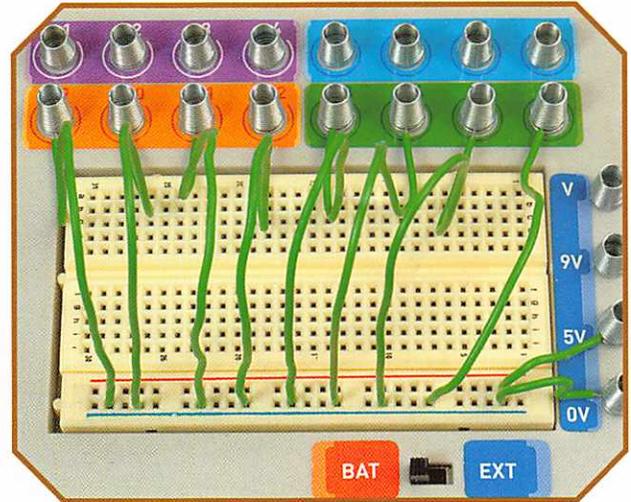
In questo esercizio realizzeremo un generatore di onda quadra con ampiezza di impulso variabile, modulata. Questo montaggio corrisponde all'esercizio 12 del modulo CCP in modo PWM.

Scrittura del programma

Dobbiamo caricare il file in codice macchina ".hex" sul nostro PIC, quindi prepareremo il laboratorio per lavorare con IC-PROG, per questo imposteremo i ponticelli sui connettori JP1, JP2 e JP3 sui PIN 1 e 2 e inseriremo i ponticelli sui connettori J8 e J9. Collegheremo poi il cavo di trasferimento o comunicazione fra il PC e il laboratorio e faremo partire il software di scrittura.

I passaggi che si devono eseguire per scrivere un programma sul microcontroller, sono sempre gli stessi e sono riportati nel digramma di flusso della pagina successiva. Leggeremo il dispositivo e lo cancelleremo, verificando di averlo cancellato correttamente. Fatto questo configureremo l'oscillatore (XT), la protezione del codice (CP OFF) e i bit della parola di configurazione (WDT e PWRT), saremo quindi pronti per scrivere, quindi cliccheremo l'icona "Programma tutto" sulla barra degli strumenti. In ultimo verificheremo se la scrittura è stata realizzata con successo, leggendo nuovamente il dispositivo e verificando che contenga il programma desiderato.

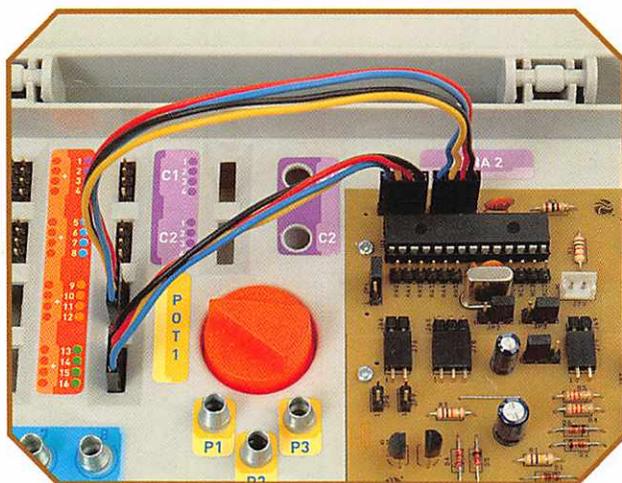
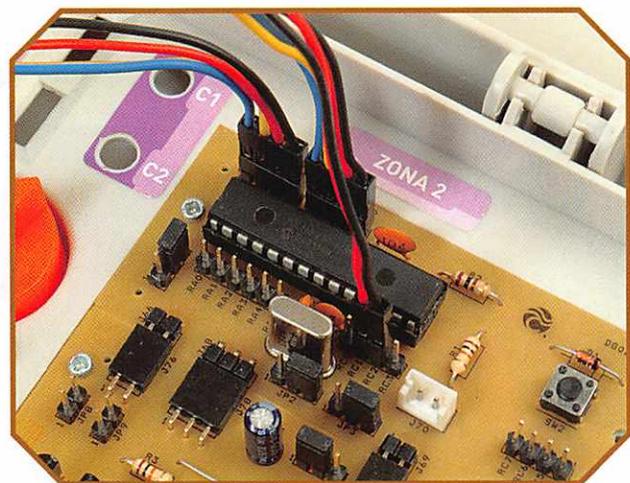
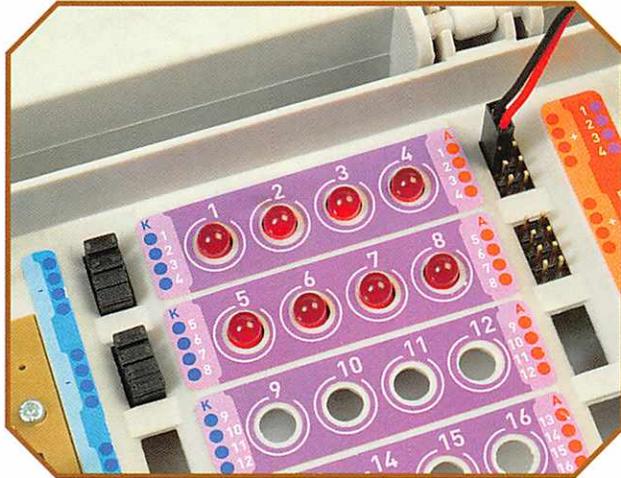
Montaggio. Configurazione del laboratorio

Con il programma caricato sul microcontroller dobbiamo configurare il laboratorio per il modo lavoro normale, in altre parole scollegheremo il cavo di commutazione, prenderemo l'alimentazione dalle batterie spostando i ponticelli dei connettori JP1, JP2 e JP3 sulle posizioni 2 e 3, e toglieremo i ponticelli dei connettori JP8 e JP9.

Configurazione hardware del laboratorio in modo scrittura.

Sequenza da seguire per scrivere il programma sul microcontroller.

Collegamenti degli ingressi sulla scheda.

Ingressi

Possiamo modificare l'ampiezza dell'impulso (Duty Cycle) in funzione degli ingressi digitali della porta B, dobbiamo quindi fare arrivare a questa porta diverse combinazioni di stati logici. A questo scopo collegheremo alle molle di alimentazione da 5 V un filo che all'altro estremo andrà a una delle file di collegamento della scheda Bread Board e con un altro filo uniremo la molla da 0 V all'altra fila della scheda. Utilizzeremo le molle di collegamento dalla 9 alla 16 (blocco arancio e verde) per fare arrivare alla porta i segnali digitali, quindi a ognuna di queste molle collegheremo un filo e l'altro estremo di quest'ultimo verrà collegato alla fila da 5 o da 0 V, in funzione della combinazione che desideriamo inserire. Inizialmente collegheremo tutti i fili alla linea 0 V, adottando il montaggio che possiamo vedere nella figura in alto.

Le molle sono collegate internamente con la fila di connettori situata a sinistra del potenziometro, quindi unendo mediante dei cavetti questi connettori con i due connettori della porta B, potremo fare arrivare a ognuno dei pin della porta, i valori logici presenti sulla scheda Bread Board.

A questo punto la sezione degli ingressi di questa applicazione è pronta.

Portiamo gli ingressi al microcontroller tramite dei cavetti.

Colleghiamo l'uscita mediante un cavetto a due fili.

Portiamo l'uscita al diodo LED.

Montaggio degli ingressi e uscite.

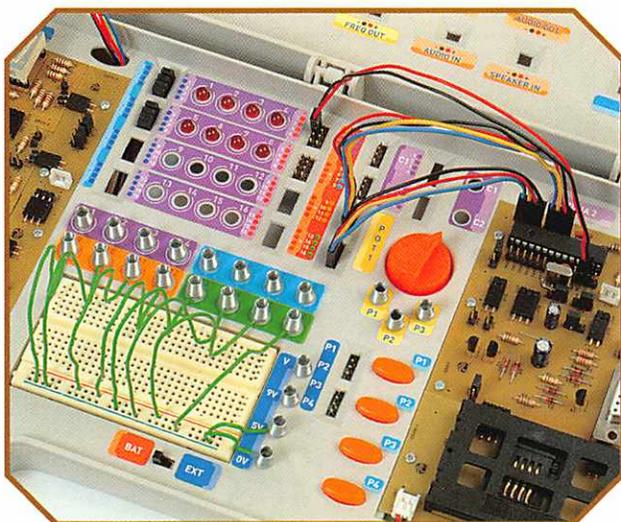
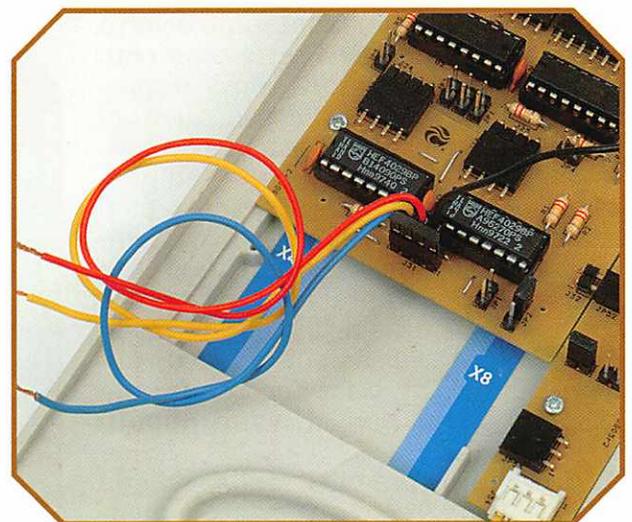
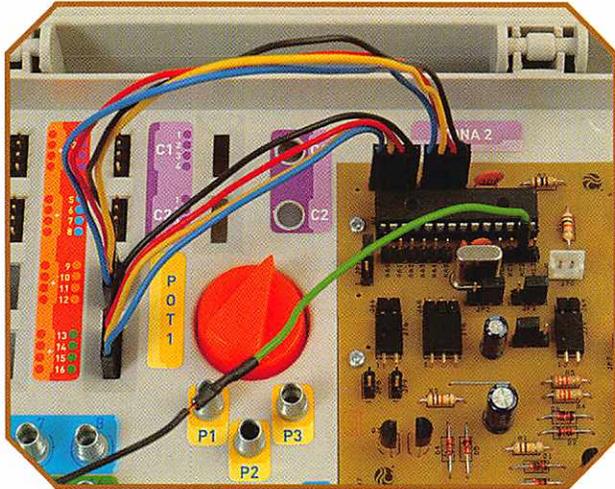
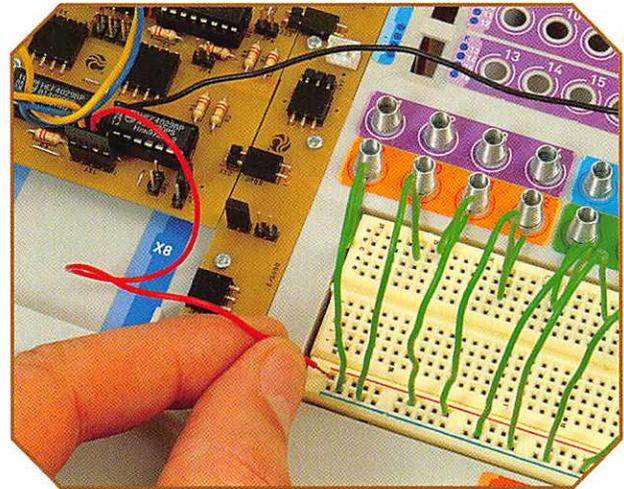
Uscita

L'esercizio prevede una sola uscita e da essa otterremo l'onda quadra risultante dalla modulazione. Questa uscita è la RC2/CCP1. Collegheremo un cavetto a due fili al connettore della porta C su cui sono presenti i terminali RC0:RC3, in modo che uno dei due fili corrisponda al terminale RC2. Nella figura possiamo vedere questo collegamento.

L'altro estremo del cavetto lo collegheremo alla matrice dei diodi, in modo che mediante uno di essi potremo vedere come risponde all'uscita, cioè come si visualizza l'onda quadra.

Per lavorare con la matrice dei diodi LED, o con qualche diodo di essa, è necessario inserire i ponticelli sui catodi dei LED che vogliamo utilizzare.

Funzionamento

Dopo aver eseguito il montaggio completo degli ingressi e delle uscite, dobbiamo provare il funzionamento del modulatore. Se teniamo la porta B a "0" il LED resterà spento, mentre con tutta la porta a "1" il LED rimarrà sempre acceso. Inizialmente tutti i fili saranno "0" quindi non potremo vedere nulla sull'uscita. Se l'impulso è molto stretto il LED non si accende, ma se è un po' più ampio inizia ad ac-

Aspetto del laboratorio
durante il funzionamento della prova.

Colleghiamo un cavetto al contatore
del display.

Colleghiamo il filo dal contatore al terminale RC2.

Impostiamo il contatore a 0.

cendersi aumentando la propria luminosità. Per poter vedere questo passeremo alcuni degli ingressi a "1", inserendo i fili sulla fila da 5 V della scheda Bread Board.

Dato che la frequenza è molto alta non potremo apprezzare il lampeggìo del diodo, ma se cambiamo gli ingressi, cioè se variamo l'ampiezza dell'impulso dell'onda, noteremo delle differenze nell'intensità del diodo che si illuminerà più o meno in base all'ampiezza dell'impulso.

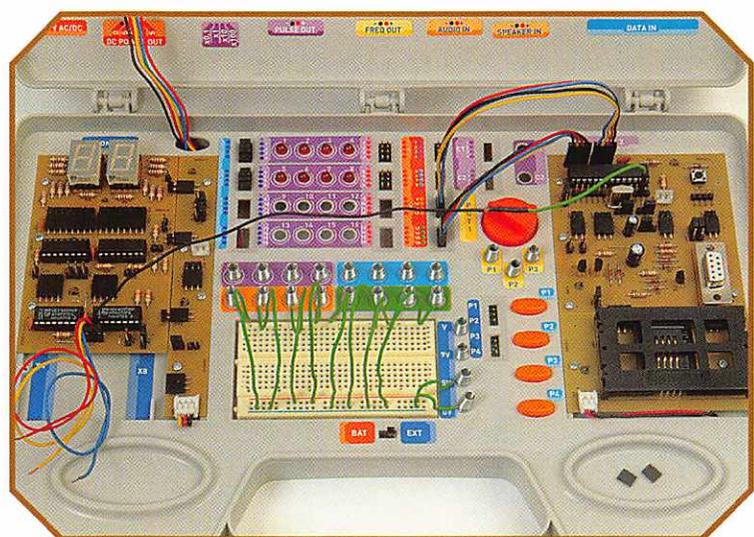
Alternative di montaggio

Dopo aver provato diverse combinazioni di ingressi e aver visualizzato il risultato sul diodo, proviamo un montaggio diverso utilizzando il display a sette segmenti. Utilizziamo il contatore con il display per poter verificare che con qualsiasi configurazione della porta B, esso conterà rapidamente gli impulsi indipendentemente dalla loro ampiezza. Il contatore non è influenzato dall'ampiezza degli impulsi, dato che la loro frequenza è costante, ma nel caso che tutta la porta B sia a "0" o a "1" cesserà di contare e verrà visualizzato un numero sul display, dato che con queste configurazioni non arrivano impulsi sull'uscita RC2.

Sul connettore J31 della scheda DG03 collegheremo un cavetto a quattro fili, rispettando la posizione riportata nella figura (filo nero a destra). Il filo nero di questo cavetto lo dobbiamo collegare all'uscita RC2 del microcontroller, dovremo pertanto utilizzare un filo intermedio per raggiungere la lunghezza adeguata.

Proveremo il funzionamento di questo nuovo montaggio e verificheremo che il contatore si incrementi a ogni impulso indipendentemente dal valore degli ingressi (sempre che non siano tutti a "0" oppure a "1").

Nell'immagine della figura possiamo vedere l'aspetto finale di questo esempio.

Se colleghiamo il cavo rosso del connettore J31 al positivo (5V) della scheda Bread Board, il contatore si imposterà a "0" indipendentemente dalla combinazione di ingressi che abbiamo configurato.

Aspetto del laboratorio dopo aver collegato il display all'uscita.

Esercizio 13: convertitore A/D, il programma

Nell'esercizio che vogliamo eseguire lavoreremo con uno dei dispositivi più utilizzati del microcontroller, il convertitore A/D. Molte delle grandezze o dei segnali che esistono nell'ambiente sono di natura analogica e per essere trattate da un microcontroller o da un microprocessore devono essere convertite in digitale. Da qui l'importanza dei convertitori A/D.

Enunciato

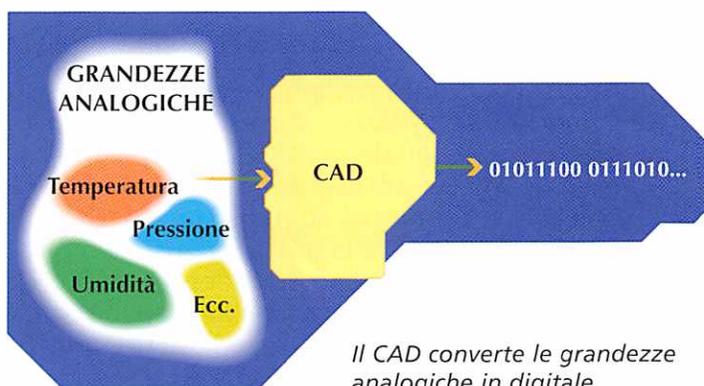
Si tratta di sviluppare un programma che realizzi la conversione di un segnale analogico in uno digitale e lo rappresenti in binario mediante i LED della matrice dei LED.

Il segnale analogico entrerà sul terminale RA2/AN2 e utilizzeremo una frequenza di lavoro Fosc/8.

Questo esercizio è un esempio molto semplice di utilizzo del convertitore, e dopo averlo capito ci servirà per risolvere applicazioni più complesse.

Organigramma

Ogni dispositivo con cui lavoriamo ha le sue particolarità. In questo caso il CAD impiega un tempo per realizzare la conversione, tempo che dobbiamo tenere in considerazione al momento di sviluppare il programma. Seguendo l'organigramma della figura, la prima cosa che dobbiamo fare, tralasciando l'intestazione, è configurare tutti i dispositivi con cui vogliamo lavorare. Dopodiché acquisiremo il valore analogico dell'ingresso e inizieremo la conversione. Trascorso il tempo necessario per eseguire quest'ultima, forniremo sull'uscita il corrispondente valore in binario.

Organigramma dell'applicazione.

Il CAD converte le grandezze analogiche in digitale.

Codice

Nel secondo CD allegato all'opera, troverete un esempio di codice, con il nome di "ese13.asm", che risolve questo enunciato. Noi cercheremo di fare da soli il nostro programma, anche se utilizzeremo questo esempio come base per l'applicazione.

Inizieremo, come in tutti i programmi, specificando la funzione del codice che si vuole sviluppare, rispondendo alla domanda: che cosa fa?

Intesteremo il programma con le funzioni e le direttive abituali, e ci preparere-

```
;       ESERCIZIO: CAD (CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE)
;      -------------------------------------------------

;Programma che realizza la conversione di un segnale analogico che arriva su AN2 in uno digitale
;rappresentato in binario mediante i LED della barra dei LED.
;Utilizzeremo una frequenza di lavoro Fosc/8.


        LIST    P=16F870        ;Definiamo il nostro PIC
        INCLUDE "P16F870.INC"   ;File dei registri interni


        ORG     0
        GOTO    INIZIO
        ORG     5
```

Intestazione del programma.

```
;Programma principale.

INIZIO  clrf    PORTA
        clrf    PORTB
        movlw   b'01010001'
        movwf   ADCON0          ;Configura CAD, sceglie canale AN2 e abilita l'utilizzo del convertitore
        bsf     STATUS,RP0      ;Passiamo al banco 1
        movlw   b'00000000'
        movwf   ADCON1          ;Configuriamo la Porta A come I/O analogiche
        clrf    TRISB           ;Porta B uscita
        movlw   b'11001111'
        movwf   OPTION_REG      ;WDT
        movlw   b'11111111'
        movwf   TRISA
        bcf     STATUS,RP0      ;Torniamo al banco 0
```

Inizio del programma principale in cui si configurano i dispositivi.

```
CICLO   clrwdt
        clrf    PORTB
        bcf     PIR1,ADIF       ;Resettiamo il flag dell'interrupt del CAD
        bsf     ADCON0,GO       ;Comando di inizio della conversione

ATTENDERE btfsc   ADCON0,2      ;Verifichiamo se la conversione è terminata testando
                                ;lo stato del bit GO/DONE#
        goto    ATTENDERE
        call    LED             ;Visualizziamo il risultato sulla barra dei LED
        goto    CICLO

        END
```

Ciclo con il codice che esegue tutte le azioni per risolvere l'applicazione.

mo alla configurazione dei dispositivi con cui vogliamo lavorare. Molte volte è necessario ricorrere alla teoria, per poter gestire i registri associati ai dispositivi con cui si vuole lavorare nell'applicazione. Il programma principale, a partire dall'etichetta "Inizio", comincia cancellando le porte, pulendole da qualsiasi valore residuo. Di seguito si configurano tutti i dispositivi. Nell'esempio di questo esercizio il primo dispositivo che si configura è il convertitore A/D. Programmiamo il registro ADCON0 in modo da abilitare il convertitore e determiniamo come canale di ingresso AN2. Poi programmiamo le porte. Quindi la porta A sarà una porta di ingressi analogici (configurare il TRISA e ADCON1) e la porta B di uscite digitali (caricare il valore corrispondente sul TRISB). Dato che questo programma avrà anche un ciclo infinito dovremo abilitare il WDT e questo lo faremo nel registro OPTION_REG.

```
;Routine per il risultato della conversione.

LED     movf    ADRESH,W
        movwf   PORTB          ;Spostiamo il contenuto di ADRESH (risultato della
                               ;conversione) sulla barra dei LED
        return
```

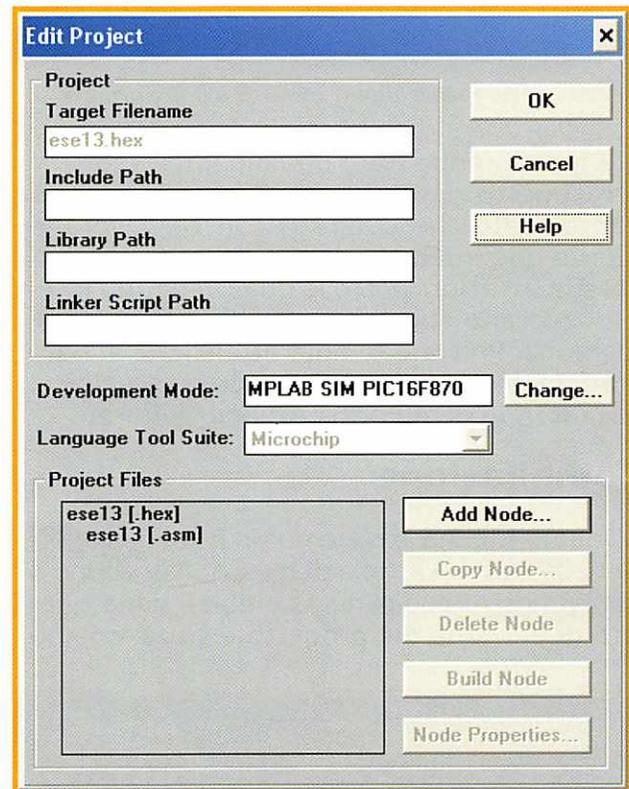
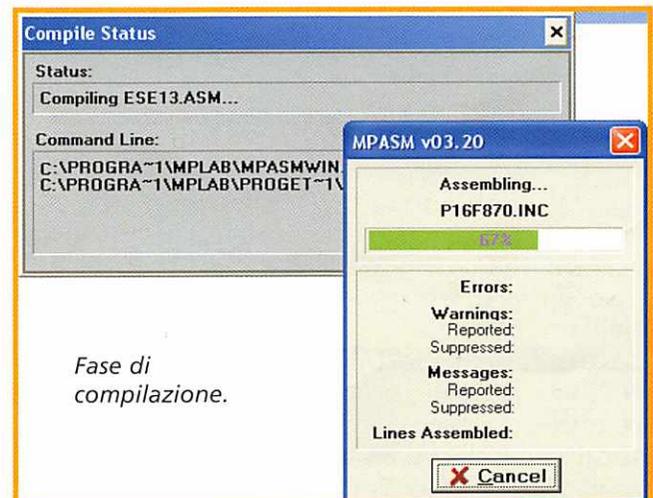
Subroutine di accensione dei LED.

Dopo la configurazione

Configurati tutti i dispositivi, dobbiamo configurare il codice che risolva l'applicazione. Si vuole acquisire il valore dell'ingresso, convertirlo e successivamente passarlo sulla porta di uscita, il tutto ciclicamente. Creiamo un ciclo mettendo un'etichetta a cui poterci successivamente indirizzare, e inizieremo il ciclo resettando il WDT e cancellando i valori che ci potrebbero essere sulla porta di uscita. Dobbiamo anche resettare il flag o indicatore di interrupt ogni volta, perché ogni volta acquisiremo un nuovo valore e realizzeremo una nuova conversione.

Ordineremo l'inizio della conversione, impostando a 1 il bit GO del registro ADCON0, però dobbiamo essere coscienti che la stessa impiega un certo tempo a essere eseguita, quindi ciò che dobbiamo fare è aspettare che finisca all'interno di un nuovo ciclo. Quando la conversione è terminata il flag GO/DONE# passerà a 1 e solo in quel momento usciremo dal ciclo di attesa. Ora non ci rimane che agire sull'uscita ed eseguire un salto incondizionato all'inizio del ciclo. Nell'immagine della figura è riportato il codice di esempio che corrisponde a quanto abbiamo appena detto.

Come potrete vedere, al momento di passare il valore risultato dalla conversione sulla porta di uscita, si esegue una chiamata a una subroutine (LED). Nei programmi lunghi, con molte linee di codice, conviene separare le diverse parti del programma, in subroutine, per facilitarne la comprensione e la messa a punto. Noi dobbiamo separare le azioni che riguardano l'uscita in una subroutine chiamata LED. In essa l'unica cosa che dobbiamo fare è spostare il valore risultante dalla conversione, contenuto in ADRESH, sulla porta B di uscita.

Invece di utilizzare una subroutine si poteva fare questo in due linee di codice, sostituendo la chiamata alla subroutine, e il pro-

Creiamo un progetto a cui associamo il nostro codice in assembler.

Fase di compilazione.

Finestra in cui realizzeremo i registri più importanti.

gramma sarebbe stato ugualmente valido.

In questo caso non dobbiamo cambiare banco, dato che i registri con cui lavorano queste due interazioni sono sullo stesso banco, e le istruzioni entro le quali vengono inseriti, lavorano anch'esse sullo stesso banco di memoria. Prestate sempre attenzione ai banchi di memoria, infatti risulta un errore tipico, che essendo di metodo possiamo evitare.

Compilazione

Apriamo MPLAB e creiamo un nuovo progetto nella nostra cartella di lavoro. Associamo a esso il nostro codice in assembler, nella finestra di edizione del progetto e visualizziamo nella finestra il nostro file, aprendolo nel menù File.

Compiliamo il codice e se tutto è stato fatto bene, sarà il file in codice macchina ".hex" da scrivere sul microcontroller.

Simulazione

Visualizzate la finestra dei registri delle funzioni speciali e quella specifica con i registri che vogliamo vedere in modo indipendente (ADRESH, PORTB, ADCON0), i valori di quest'ultima finestra li visualizzeremo in formato binario. Non possiamo simulare un valore analogico, però possiamo trovare che per un determinato valore iniziale otterremo l'uscita corrispondente. Se eseguiamo il programma passo a passo senza forzare nessun valore, verificheremo che al termine della conversione il risultato di quest'ultima è 0, dato che il valore di ingresso è anch'esso 0.

Pur non potendo provare in dettaglio il programma, possiamo vedere che le istruzioni che abbiamo utilizzato rispondono esattamente alle nostre aspettative, possiamo quindi supporre che ciò che non possiamo simulare, risponderà in modo soddisfacente al momento della prova con il circuito elettronico montato sul laboratorio.

Provate a compilare e simulare diverse alternative al programma, come ad esempio quella di non utilizzare una subroutine per le operazioni sull'uscita, o togliere l'istruzione clrf PORTB dall'inizio del programma principale. In questo modo verificherete che sono molte le possibilità che si hanno nel progettare un codice e acquisirete dimestichezza nella programmazione.

Aspetto di MPLAB durante la simulazione.